

при трудоустройстве и т.д.

Таким образом, рассматриваемые вопросы технической эстетики и дизайна в дисциплине автоматизированного проектирования электромеханического оборудования преследуют цель привить у студентов эстетическое чувство рассматривать проектируемые устройства как изделия, которыми приятно и удобно будет пользоваться и при эксплуатации, и во время ремонта.

Нет сомнения, что современные методы проектирования автоматизированных ТО с помощью программных средств будут постоянно совершенствоваться, а их освоение способствовать формированию специалистов, подготовка которых существенно отличается от поколения инженеров, знания которых приобретались без нынешних персональных компьютеров.

1.Розевиг В.Д. Система проектирования OrCAD 9.2. – М.: Солон-Р, 2001. – 524 с.

2.Есаулов С.М., Бабичева О.Ф., Гарбуз Н.В. Применение САПР при разработке учебных программ // Матеріали V Міжнар. наук.-техн. конф. «Комп'ютерні технології в будівництві». – Київ – Севастополь - Кривий Ріг, 2008. – С.33-34.

3.Розевиг В.Д. Схемотехническое моделирование с помощью Micro-Cap 7. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. – 531 с.

4.Дьяконов В. MATLAB. – СПб.: Питер, 2001. – 487 с.

5.Есаулов С.М. SinSys – учебная программа для домашнего ПК студента. // Матеріали Всеукр. наук.-метод. семінару «Комп'ютерне моделювання в освіті». – Кривий Ріг, 2006. – С.14-15.

6.Бабичева О.Ф., Есаулов С.М. Комп'ютерне проектування електромеханічних пристроїв. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 280 с.

Получено 29.09.2009

УДК 629.43

Л.М.КРУТИЙ, канд. техн. наук

Харьковский учебно-консультационный комбинат

Н.А.ГОЛТВЯНСКИЙ, канд. техн. наук, А.А.ВЕРХУША

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРОЛЛЕЙБУСОВ

Рассматриваются основные направления модернизации троллейбусов для оптимального использования различных видов энергии в приводах.

Розглядаються основні напрями модернізації тролейбусів для оптимального використання різних видів енергії.

Some aspects of the perspective of development of the systems of trolleybuses are considered due to the optimum usage of different types of energy.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, однопроводная сеть, силовые пневмоприводы, роторно-поршневые компрессоры, циолиты.

Проблема ресурсосбережения является одной из основных, поэтому применение энергосберегающих технологий как при производстве, так и при эксплуатации электрического транспорта позволяет снизить энергозатраты и повысить их экономичность. Это возможно достичь при оптимальном сочетании характеристик и конструктивного исполнения различных механизмов с различными видами энергии.

Исследование и опыт эксплуатации показывают, что передача электроэнергии от стационарных источников подвижному составу оптимальна на постоянном электрическом токе по контактным линиям электропередачи, а ее преобразование в механическую для привода колесного движителя осуществляется электромашинами с последовательной или смешанной системой возбуждения. Эти двигатели развивают достаточную тягу на малых оборотах, что необходимо при начале движения троллейбуса. Параметры электроэнергии в контактной сети не оптимально сочетаются с параметрами электроэнергии, требуемой электродвигателями при работе на различных режимах. Поэтому применяется пускорегулирующая аппаратура, позволяющая параметры электроэнергии сети согласовать с параметрами энергии, потребляемой двигателями. Эта задача решается на базе силовой полупроводниковой техники с применением широтно-импульсной модуляции.

При торможении для передачи электроэнергии в контактную сеть необходимо, чтобы напряжение на штанговых токоприемниках троллейбуса превышало напряжение контактной сети, что также представляет некоторые трудности, потому что со снижением скорости движения снижается ЭДС на зажимах тягового электродвигателя, работающего в генераторном режиме. Поддержание требуемого уровня напряжения при снижении скорости троллейбуса может обеспечить независимая система возбуждения двигателя. Запасать электроэнергию можно только при преобразовании ее в другой вид, например, в химическую путем электролиза воды в электролизерах [1]. Полученные продукты разложения возможно использовать в технических целях. Например, химическую энергию водорода можно преобразовать в электрическую при помощи когенерационных установок [2], а затем при необходимости снова передать в контактную сеть. Если энергия торможения не может быть реализована в контактной сети, то она превращается в тепловую на тормозных сопротивлениях самого троллейбуса и рассеивается в окружающую среду.

Для питания систем управления и ответственных маломощных потребителей на борту троллейбусов предусматривается автономный независимый источник электроэнергии с напряжением 27,5 В – ще-

лочная аккумуляторная батарея, которая работает в буферном режиме с подзарядным устройством, в качестве которого используется мотор-генератор 600/27,5 В. Была попытка использовать полупроводниковый преобразователь [3], но с неудовлетворительным результатом, потому что не были согласованы пусковые характеристики потребителей с характеристикой преобразователя, состоящего из восьми автономных преобразователей, работающих параллельно на общую нагрузку. Система подзарядки аккумуляторной батареи не учитывает степень разряда аккумуляторов, что при существующем балансе энергии при заряде и разряде приводит к перезарядке аккумуляторов [4]. Такой энергетический баланс выбран с целью исключения глубокого разряда аккумуляторной батареи при низких температурах окружающей среды. При перезаряде аккумулятор «кипит», т.е. происходит электролиз воды, входящей в состав щелочного электролита. Поддержание уровня электролита, особенно в жаркое время года, приводит к частой доливке дистиллированной воды, с которой в аккумулятор вносится углекислый газ из атмосферы и растворенный в воде. Углекислый газ вступает в химическую реакцию с едким калием электролита, в результате чего образуется соль-поташ. Поташ – углекислый калий, растворенный в электролите, приводит к повышению внутреннего сопротивления аккумулятора, что в свою очередь приводит к снижению емкости аккумуляторов и загрязнению электролита. Поэтому щелочной электролит приходится периодически менять и подвергать регенерации, а это дополнительные затраты энергии на получение дистиллированной воды и на процесс рекуперации. Кроме того, приходится производить тренировочные циклы заряд-разряд. Применение герметичных аккумуляторов затруднительно из-за повышения внутреннего давления при их перезаряде в процессе работы. Электролиз воды приводит к получению гремучего газа, который имеет больший объем, чем вода, а это ведет к вздутию банок и их разрушению. Устранение этого недостатка может быть достигнуто системой подзарядки аккумуляторов, учитывающей степень разряда аккумуляторов и температуру окружающей среды. Другой путь исключения «выкипания» электролита – самовоспламенение и сгорания гремучего газа в самом аккумуляторе при наличии платинового катализатора. Непрерывное окисление водорода на платиновом катализаторе не приводит к повышению давления, но при химической реакции выделяется тепло, которое принудительно должно быть рассеяно в окружающую среду, а в холодное время – для подогрева электролита.

Подзарядные устройства должны выполняться на базе полупроводниковой техники и должны быть снабжены системой, не допус-

кающей как недозаряд, так и перезаряд. Кроме того, характеристики преобразователей должны быть согласованы с пусковыми характеристиками потребителей электроэнергии.

В троллейбусах применяется двухпроводная сеть низкого напряжения 27,5 В с подключением средней точки аккумулятора на корпус троллейбуса. Это связано с наличием потребителей на напряжение 12,5 В с подсоединенным отрицательным проводом на корпус потребителя. Во всех известных подвижных транспортных средствах: автомобилях, вагонах поездов электричек, в авиации, на морском и речном флоте применяется однопроводная сеть. Поэтому целесообразно на троллейбусах тоже применить однопроводную сеть низкого напряжения. Это не приведет к снижению надежности, так как запас по сопротивлению изоляции достаточно большой, а напряжение сети по отношению к корпусу только удваивается и остается на уровне не более 30 В. Поэтому бортовую сеть с экономической точки зрения и упрощения эксплуатации следует делать однопроводной, а потребители с рабочим напряжением 12,5 В заменить на потребители с напряжением 27,5 В или перевести для питания от пневмосистемы, например, комплект очистителей и омывателей стекол водителя.

Отличительная способность высоковольтной сети, питающей троллейбусы, заключается в том, что электроэнергия на постоянном токе подводится к потребителю по двум проводам контактной сети от стационарной преобразовательной подстанции с заземленным отрицательным проводом. Токоведущие элементы на троллейбусе изолированы от корпуса, но из-за несовершенства изоляции наблюдается ток утечки на корпус троллейбуса через пневматические шины на землю. Ток утечки, протекая через пневматические шины, создает напряжение прикосновения между корпусом троллейбуса и землей, которая может быть опасным для пассажиров при посадке и высадки из троллейбуса. Чтобы повысить электробезопасность троллейбуса для пассажиров, на троллейбусе применяется двойная изоляция между токонесущими элементами, корпусом электрооборудования и корпусом троллейбуса. Такое решение приводит к двум уровням электробезопасности [5]: пониженному уровню для обслуживающего персонала и повышенному уровню для пассажиров. Практически опасность поражения электрическим током пассажиров можно исключить путем сведения к нулю напряжения прикосновения «корпус троллейбуса – земля». Это достигается снижением сопротивления пневматических шин путем покрытия их токопроводящей резиной [6].

Для улучшения коммутации и снижения искрения на коллекторе двигателей можно рекомендовать применение разрезных щеток [7].

В системах управления применяются реле и контакторы, имеющие электромагнитный привод. Для удержания якоря электромагнита необходимо все время пропускать электрический ток через катушку для создания и поддержания магнитного поля. В конечных аппаратах можно применять магнитоэлектрические приводы с импульсным управлением и фиксацией конечных положений при помощи магнитных «защелок». Такое решение принято для управления высоковольтными вакуумными выключателями в ячейке КРУ/TEL – комплектных распределительных устройств на 6-10 кВ. Магнитоэлектрический привод КРУ/TEL потребляет в 4,3 раза меньше энергии, чем электромагнитный привод [8]. На троллейбусах типа ДАК 217Е для энергосбережения принято пневматическое управление силовыми контакторами.

В последнее время на троллейбусах находят распространение силовые пневмоприводы [9]. Это объясняется тем, что на троллейбусах большое количество операций выполняется приводами с большим прямолинейным возвратно-поступательным движением: привод тормозов, открытие дверей, пневмоподвески и ряд других операций. Такие приводы крайне просты, экономичны и обеспечивают устойчивое положение исполнительного органа в крайних положениях. Исключением является гидропривод руля, потому что сжимаемость воздуха не позволяет фиксировать промежуточные положения исполнительного органа при переменном силовом воздействии со стороны исполнительного механизма. Дальнейшее развитие пневмоприводов может идти как по пути их совершенствования, так и для решения новых задач, например, использования пневмоподвески для подъема и опускания пола троллейбуса на остановках, применение системы: при нормальной и аварийной уборке штанговых токоприемников, очистки и омыwania стекол, регулирования сил торможения и т.д. Опускание пола троллейбуса на остановках ускоряет пассажирообмен и увеличивает коммерческую скорость движения. Внедрение пневмоуборки токоприемников позволит исключить аварийную поломку штанг и тросов подвески контактной сети. Рабочим телом в пневмосистемах является сжатый осушенный атмосферный воздух, источником которого являются электрокомпрессоры. В настоящее время применяются поршневые тихоходные компрессоры с рядным расположением цилиндров. Попытки применения оппозитных компрессоров [9, 10, 14, 15] на троллейбусе не дали положительных результатов. Преимущество применения роторно-поршневых компрессоров заключается [11-13], в первую очередь, в их малых габаритно-массовых показателях, относительной простоте конструкции и надежном согласовании с электроприводом. Для снижения капитальных затрат целесообразно

электрокомпрессорный агрегат выполнить с асинхронным, обращенным электродвигателем маховичного типа, подключенным к контактной сети 600В через статический инвертор.

Система поглощения влаги из сжатого воздуха далека от совершенства, поэтому целесообразно применение циолитов в качестве абсорбента влаги сжатого воздуха, используя его оригинальные свойства по избирательности и возобновляемости процессов [9].

Иногда сочетание двух видов энергии в одном обобщенном исполнительном механизме может привести к наибольшему положительному эффекту как в энергетическом, так и в конструктивном аспектах. Например, сочетание пневматического привода вертикального снятия штангового токоприемника с электромеханической защелкой в горизонтальной плоскости [9].

Таким образом, любое техническое средство электрического транспорта, в том числе и троллейбус, можно считать энергетически сбалансированным, если его исполнительные органы расходуют возможный минимум энергии, конструктивно максимально просты в изготовлении, надежны в эксплуатации, легко восстанавливаемы при ремонте и изготовлены по энергосберегающим технологиям с оптимальным использованием всех видов энергии, применяемых в данном техническом средстве электротранспорта.

1. Крутий Л.М., Дайнеко Н.А. Утилизация энергии торможения подвижного состава городского электротранспорта // Электроснабжение. – Донецк: Юго-Восточное региональное объединение по электроснабжению, 2002. – №3. – С.22-26.

2. Крутий Л.М., Заславский Е.Г., Ребров Л.В. Когенерационная установка на базе газовых мотор-генераторов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.58. – К.: Техніка, 2004. – С.112-120.

3. Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Безуглый В.Г. Преобразователь напряжения ПСЧ-550/28,5Д. Методические указания к изучению новой техники. – Харьков: ХГАГХ, 1997. – 30 с.

4. Крутий Л.М., Сорока К.А., Нетецкий А.В. Оптимальный энергетический баланс аккумуляторной батареи при работе с генератором выпрямленного тока // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.23. – К.: Техніка, 2000. – С.183-186.

5. Крутий Л.М., Коваленко В.И. Оценка электробезопасности троллейбуса // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.51. – К.: Техніка, 2003. – С.195-199.

6. Назаренко Л.Н., Миренский И.Г., Крутий Л.М. Пути повышения электробезопасности транспортных средств // Світлотехніка, електроенергетика: Міжнар. наук.-техн. журнал. – Харків, 2008. – №2. – С.16-24.

7. Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Зубенко Д.Ю. Випробування тягового двигуна постійного струму. – Харків: ХДАМГ, 1998. – 43 с.

8. Крутий Л.М. Комплексные распределительные устройства напряжением 6-10 кВ. – Харьков: ХУПС им. Ивана Кожедуба, 2008. – 190 с.

9. Миренский И.Г., Крутий Л.М. Задачи повышения надежности оборудования троллейбусов // Программа и тезисы докладов XXXIV науч.-техн. конф. ХНАГХ. Ч.2. – Харьков: ХНАГХ, 2006. – С.5-7.

10.Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Пушков П.М., Безуглый В.Г. Отчет по государственной научной работе за 1998-2000 гг. – Харьков: ХГАГХ, 2000. – 37 с.

11.Крутий Л.М., Голтвянский М.А., Безуглый В.Г., Долголев В.О. Декларационный патент UA№33822A. Электрокомпрессор. 2001. Бюл.№1.

12.Крутий Л.М., Мальцев В.И. Возможность применения оппозитных свободно-поршневых электрокомпрессоров // Тезисы XXVI науч.-техн. конф. Ч.2. – Харьков: ХИИГХ, 1994. – С.3.

13.Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Безуглый В.Г. Повышение работы двигателя ДК-408 // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.18. – К.: Техніка, 1999. – С.193-195.

14.Долголев В.А., Салюк А.А., Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Безуглый В.Г. Об установке на троллейбусах отечественного производства двухглавого роторно-поршневого компрессора // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.19. – К.: Техніка, 1999. – С.178-181.

15.Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Дибриный В.В. Перспектива применения роторно-поршневых электрокомпрессоров на троллейбусах // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.76. – К.: Техніка, 2007. – С.385-391.

Получено 10.09.2009

УДК 621.81

Д.Ю.ЗУБЕНКО, канд. техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ПРОГНОЗУЮЧОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ РЕСУРСУ ТЯГОВИХ ПРИВОДІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Розглянуто причини і процес зносу тягових приводів електропоїздів. Визначено передумови та методи розрахунку деталей на міцність. Розроблена комплексна прогноуюча модель, за якою отримано залежності оцінки ресурсу тягових приводів.

Рассмотрены причины и процесс износа тяговых приводов электропоездов. Определены предпосылки и методы расчета деталей на прочность. Разработана комплексная прогнозирующая модель, по которой получены зависимости оценки ресурса тяговых приводов.

The causes and the process of deterioration of electric trains driving gears are examined. The prerequisites and methods of calculation of details firmness depletion are determined. The complex forecasting model, which provided dependence of resource of driving gears, is worked out.

Ключові слова: знос, тяговий привід, електропоїзд, прогноуюча модель.

Постійний процес старіння рухомого складу в Україні змушує шукати нові підходи та методи оцінки його технічного стану і продовження строку служби. У зв'язку з цим виникає актуальна задача забезпечення ефективними методами прогнозування технічного стану вузлів і деталей, що лімітують подальшу їх експлуатацію [1]. Цього можна досягти тільки шляхом застосування в технології обслуговування і ремонту сучасних наукових методів та автоматизованих засобів, які